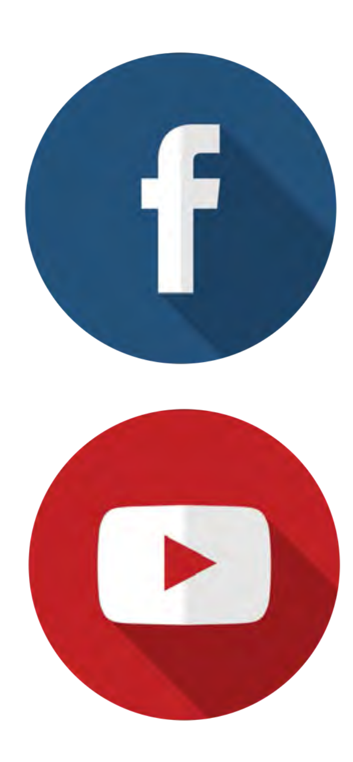
In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful







Fonctions de conduction de la moelle épinière

Introduction :

La moelle épinière possède une fonction réflexe à travers sa substance grise et une fonction de conduction à travers sa substance blanche.

Elle assure des connexions supra-segmentaires et inter-segmentaires.

La fonction de conduction comporte :

- Des voies ascendantes sensitives.
- Des voies descendantes motrices.

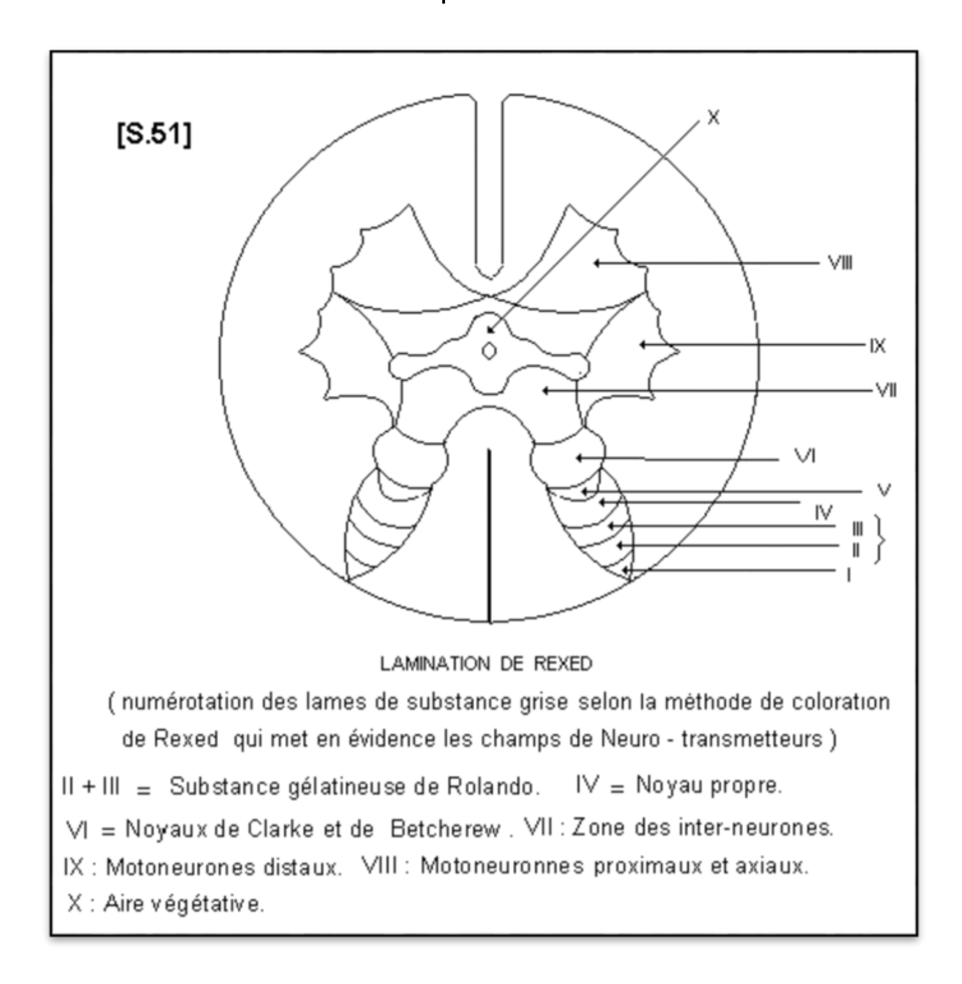
Systématisation de la moelle épinière :

- Substance grise centrale : somas neuronaux, dendrites, terminaisons axonales et processus gliaux.
- Substance blanche périphérique : fibres ascendantes et descendantes, myélinisées et non myélinisées et cellules gliales.

Organisation de la substance grise de la moelle :

- Corne dorsale.
- Région intermédiaire.
- Corne ventrale.

Ces 3 régions sont subdivisées en 10 couches par REXED :



LAMINATION DE REXED

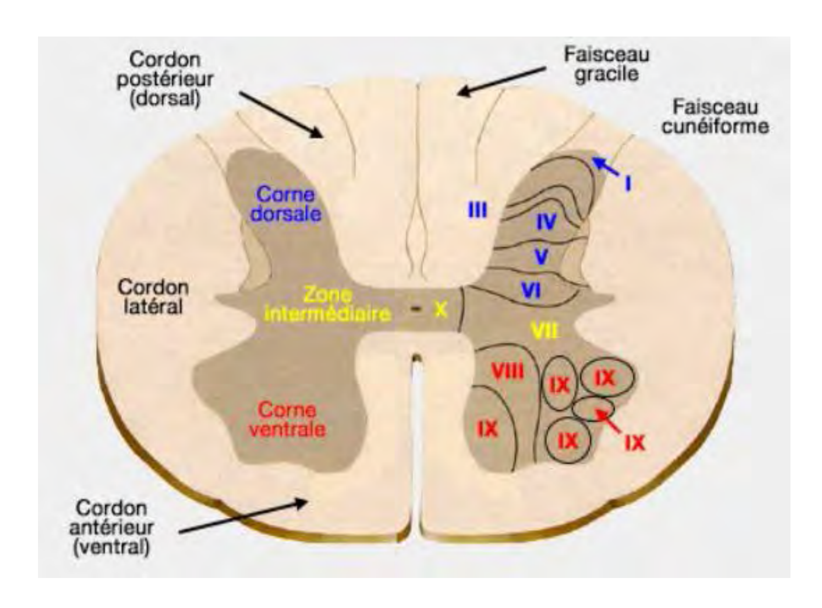
(numérotation des lames de substance grise selon la méthode de coloration de Rexed qui met en évidence les champs de Neuro - transmetteurs)

II + III = Substance gélatineuse de Rolando. IV = Noyau propre.

VI = Noyaux de Clarke et de Betcherew . VII : Zone des inter-neurones.

IX : Motoneurones distaux. VIII : Motoneuronnes proximaux et axiaux.

X : Aire végétative.



- Corne dorsale : couches I – VI
- Région intermédiaire : couche VII
- Corne ventrale : couches VIII et IX
- Substance grise entourant le canal épendymaire : couche X

Ces couches se différencient par leurs structures anatomiques et leurs fonctions.

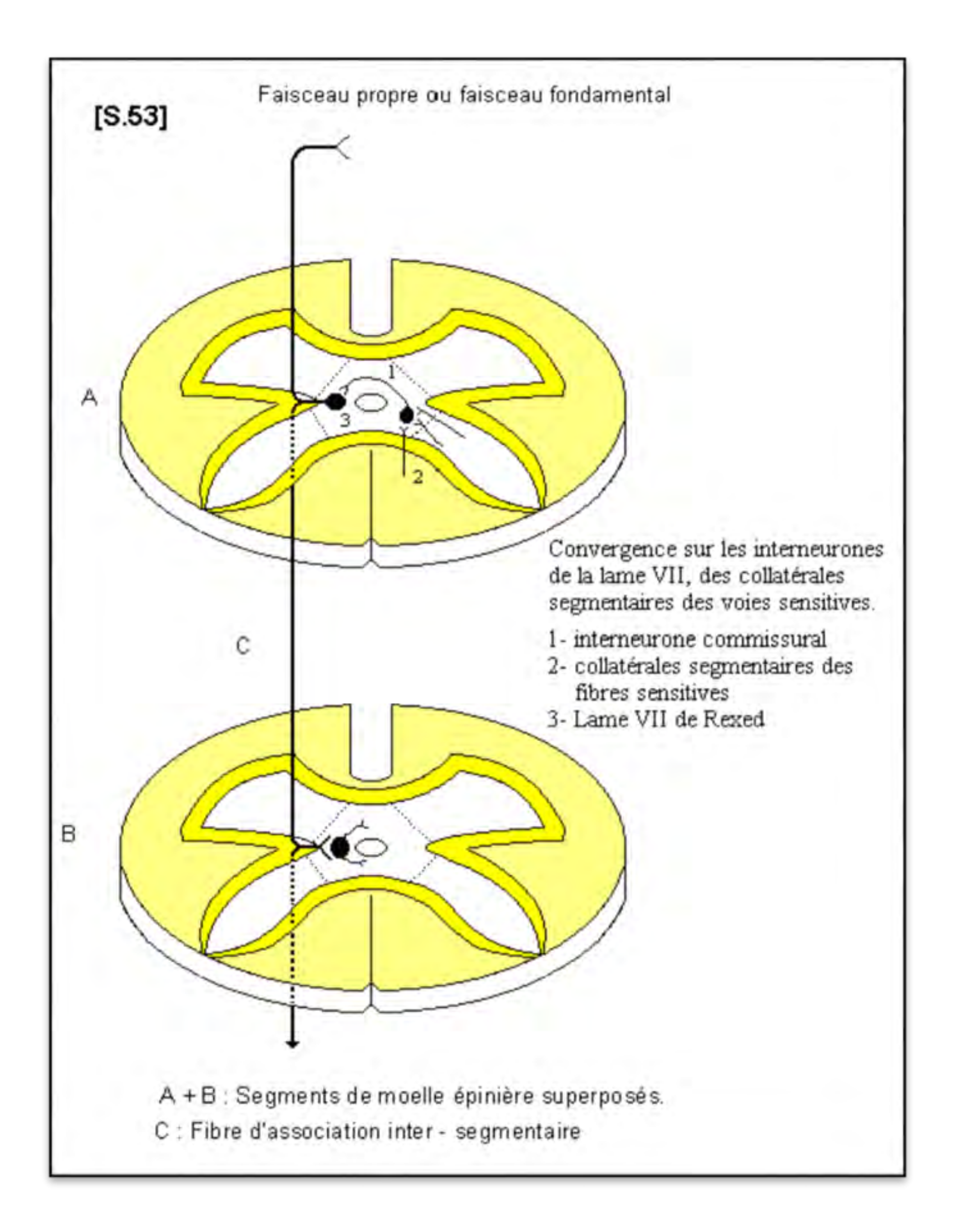
Organisation de la substance blanche de la moelle :

- Cordon post.
- Cordon lat.
- Cordon ant.

Dans ces cordons se trouvent tous les faisceaux nerveux moteurs et sensitifs en transit dans la moelle.

Faisceau propre ou faisceau fondamental :

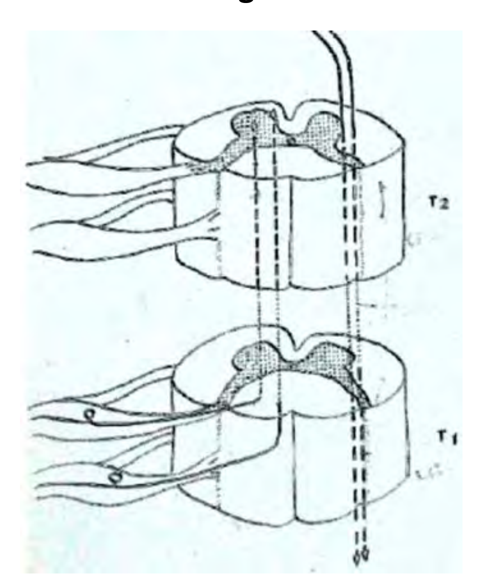
C'est une mince couche de substance blanche située à la périphérie de la substance grise. Elle contient des fibres verticales d'association inter-segmentaires s'articulant principalement avec les interneurones de la lame VII.



Méthodes d'étude :

Anatomiques classiques :

Méthode de dégénérescence secondaires (Wallériennes) :



Par section de la moelle épinière. Elle permet de définir si la voie est ascendante ou descendante.
En appliquant une section entre les tronçons T1 et T2 :

- Si une fibre dégénère dans le tronçon T2 : neurone caudal par rapport à la section (Voie est ascendante).

- Si une fibre dégénère dans le tronçon T1 : neurone crânial par rapport à la section (Voie est descendante).

Méthode de dégénérescence rétrograde :
Cette méthode permet de repérer le corps cellulaire d'une fibre nerveuse et donc l'origine de la voie.
Lorsqu'un neurone a été amputé d'une portion de son axone, son périkaryon subit des altérations, notamment des corps de Nissl.

Méthode des boutons de dégénérescence :
Lorsqu'un axone a été coupé, les processus dégénératifs les plus précoces affectent ses extrémités, qui en quelques heures se renflent en boutons cytologiquement repérables.
Cette méthode permet de préciser la terminaison des fibres et déterminer les corps de neurones avec lesquels elles s'articulent (L'élément post-synaptique).

Expériences de stimulation et de section :

Expériences de stimulation :
- Cordon ant : aucune réaction douloureuse.
- Cordon lat : réponses motrice et végétative.
- Cordon post : réaction douloureuse.

Expériences de section :
Section des cordons posts : pas de paralysie mais troubles de la coordination des mouvements (Sensibilité profonde).
Hémisection de la moelle : syndrome de Brown-Séquard expérimental.

Méthode de traçage des voies nerveuses :
Un traceur neuronal est une substance chimique qui indique le chemin des axones.
On a des traceurs antérogrades, rétrogrades et des traceurs à la fois antérograde et rétrograde.

Méthode HRP (Peroxydase de raifort) :
Le HRP (Horseradish peroxydase) est un traceur rétrograde, transporté vers le corps cellulaire (Origine de la voie)

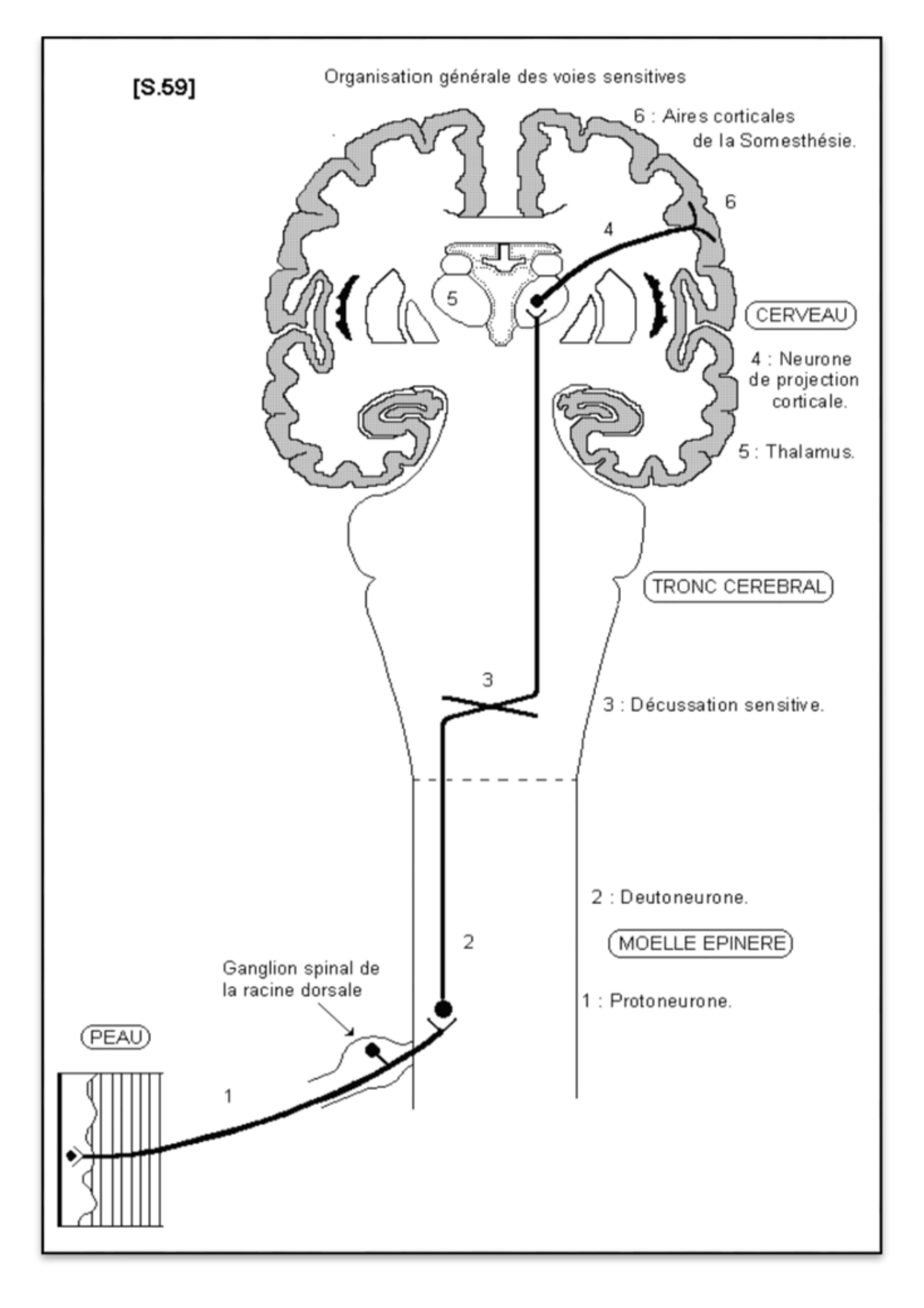
Méthode auto radiographique :
Elément utilisé : aa radioactif. Traceur antérograde, transporté vers la terminaison axonale.
La visualisation du traceur se fait par autoradiographie.

Toxines : le fragment C de la Toxine du Tétanos (TTC).

Virus : Virus Pseudo Rabique (PRV), Herpex Simplex Virus (HSV).

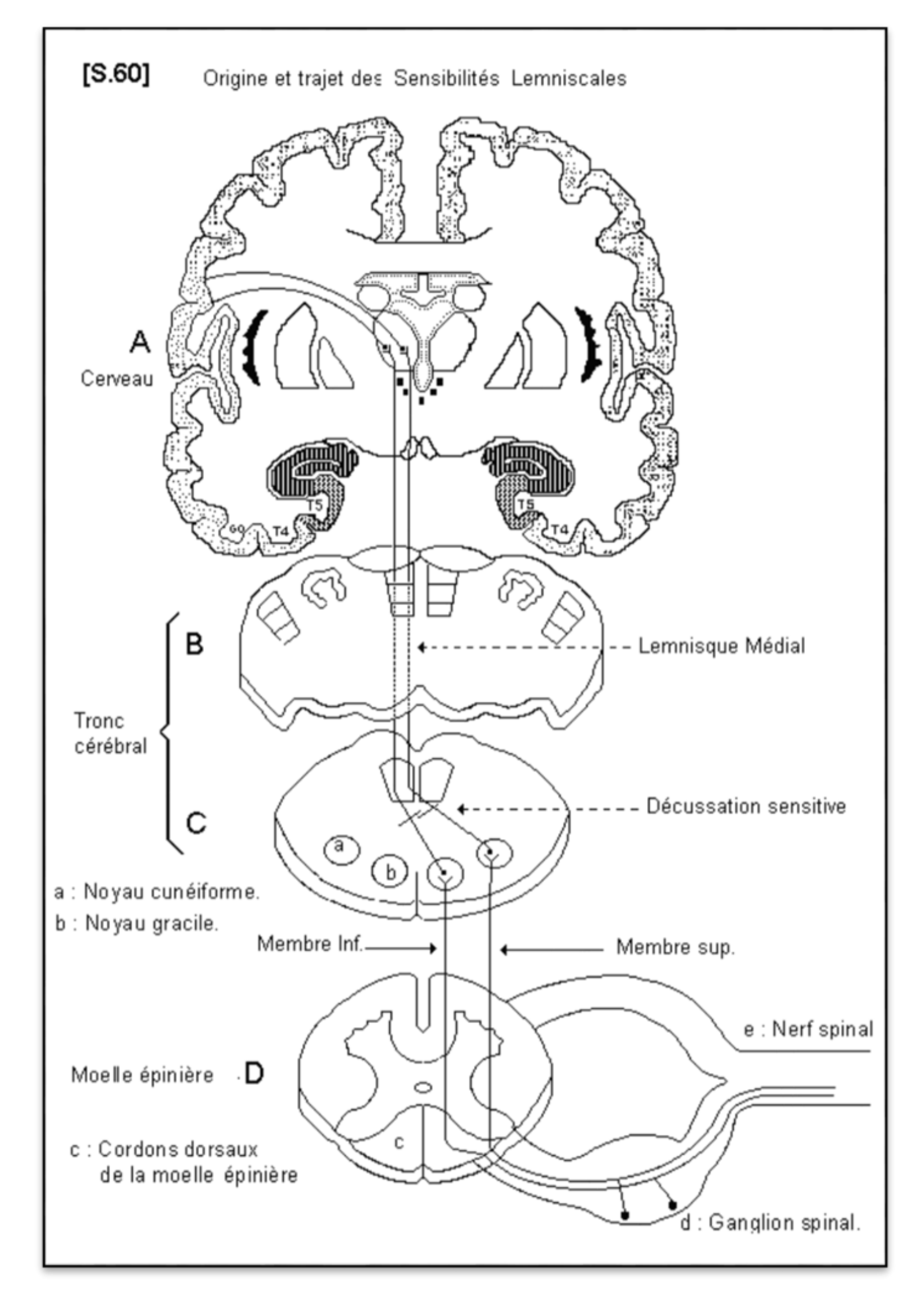
Voies ascendantes :

Organisation générale des voies sensitives :



Voies ascendantes de la somesthésie :

Cordons posts : Faisceaux gracile et cunéiforme / Faisceaux de Goll et Burdach (Sensibilité lemniscale)



Les protoneurones sont des fibres nerveuses du groupe II.
Leurs corps cellulaires sont dans le ganglion spinal de la racine dorsale.
Leurs cylindraxes pénètrent dans la moelle et montent directement dans la substance blanche des **cordons dorsaux** en formant les faisceaux gracile et cunéiforme (Faisceaux de Goll et Burdach). Ils se terminent au-dessus de la moelle, au niveau de la moelle allongée (Bulbe rachidien du tronc cérébral), dans les noyaux gracile et cunéiforme (Noyaux de Goll et Burdach).

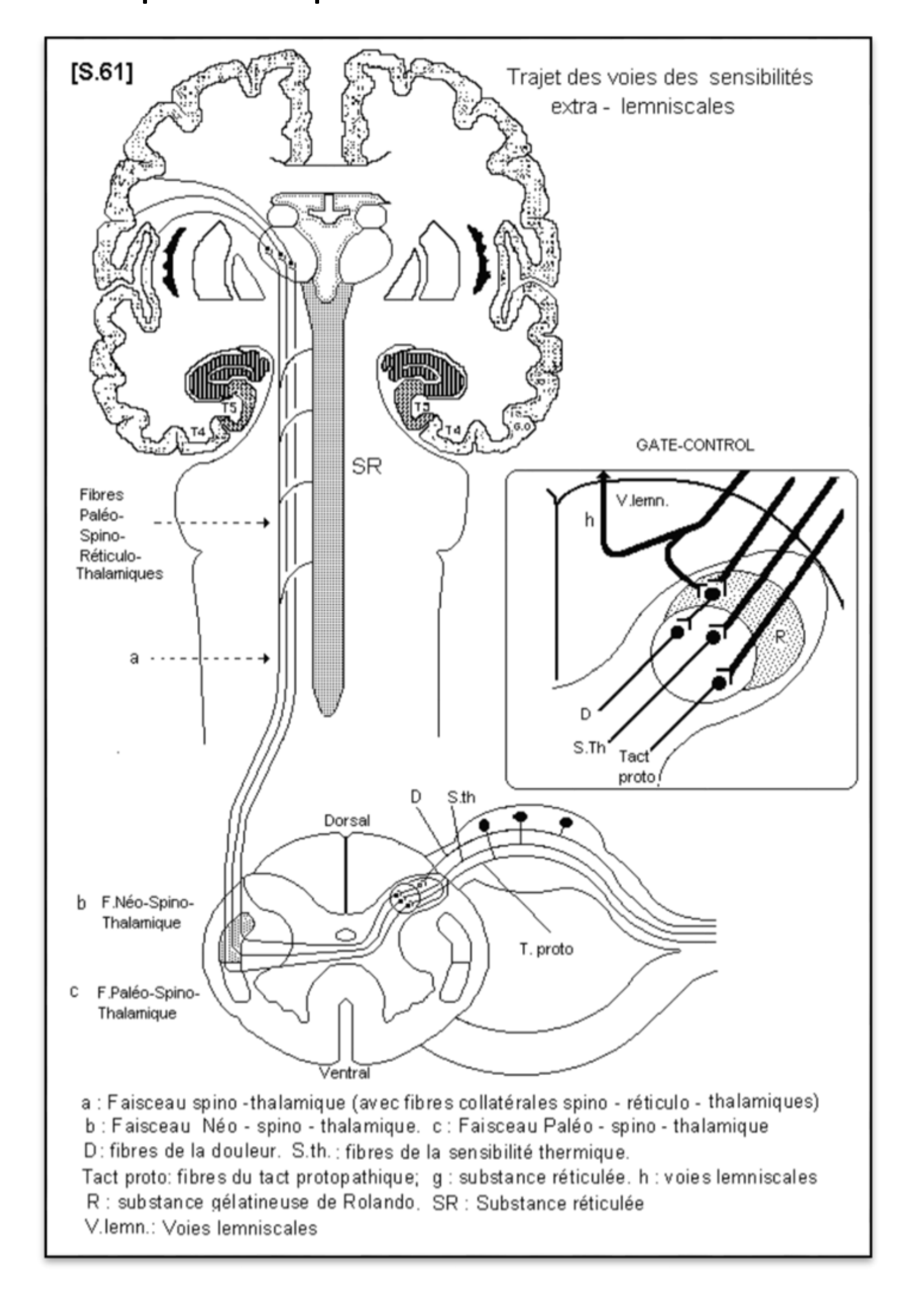
Les deutoneurones, groupées en un faisceau rubané appelé lemniscus (Ruban de Reil), croisent la ligne médiane (Décussation sensitive) puis montent vers le thalamus en passant par le lemnisque médian.

Les neurones terminaux s'articulent avec les précédents dans le thalamus et se terminent dans l'écorce sensitive du cerveau (Cortex somestésique).

Rôle : sensibilité extéroceptive épicritique et sensibilité proprioceptive consciente non douloureuse.

Remarque : sont aussi présents dans les cordons posts:
- Les fibres post-synaptiques des colonnes dorsales.
- Le faisceau cunéo-cérébelleux.
- Le faisceau spino-olivaire post.
- Le faisceau spino-cervical.

Cordons lats : faisceaux spinothalamiques :



a : Faisceau spino -thalamique (avec fibres collatérales spino - réticulo - thalamiques)
b : Faisceau Néo - spino - thalamique. c : Faisceau Paléo - spino - thalamique
D : fibres de la douleur. S.th. : fibres de la sensibilité thermique.
Tact proto: fibres du tact protopathique; g : substance réticulée. h : voies lemniscales
R : substance gélatineuse de Rolando. SR : Substance réticulée
V.lemn.: Voies lemniscales

Les protoneurones sont des fibres du groupe III à conduction lente.
Leurs corps cellulaires sont dans le ganglion spinal.
Leurs cylindraxes se terminent dans le noyau de la tête de la corne dorsale :

- Soit directement : sensibilités tactile grossière et thermiques.
- Soit indirectement : sensibilité douloureuse.

Les deutoneurone qui partent du noyau de la corne dorsale, croise la ligne médiane au niveau de chaque neuromère (Chaque segment de moelle grise est appelé neuromère) en passant par la commissure grise ant et va constituer, dans le **cordon latéral** de la moelle.
On distingue deux parties dans ce faisceau spinothalamique (Faisceau en croissant de Dejerine) :

- Le faisceau spinothalamique ventral (Paléo-spino-thalamique) / Système extralemniscal :
  - Il transporte la sensibilité tactile grossière (Tact protopathique).
  - Se termine au niveau des noyaux intra laminaires du thalamus.
  - Donne des rameaux collatéraux à la substance réticulée du tronc cérébral.

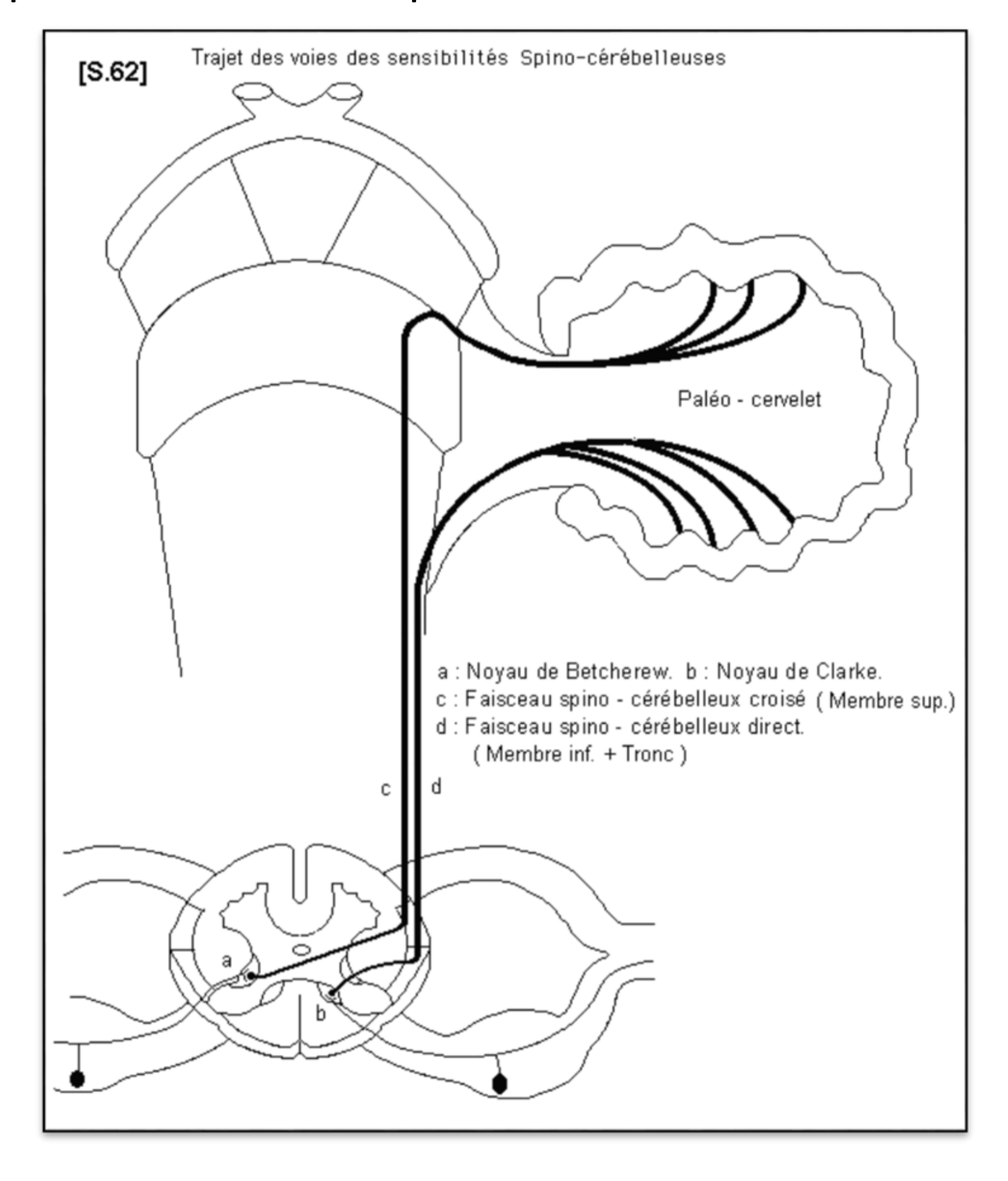
- Le faisceau spinothalamique dorsal (Néo-spino-thalamique) / Système lemniscal :
  - Il transporte la sensibilité thermo-algésique.
  - Se termine au niveau du noyau VPL du thalamus.
  - Donne des rameaux collatéraux à la substance réticulée du tronc cérébral.

Faisceau spino-réticulaire :
Même origine que le faisceau spinothalamique.
Se termine au niveau de la formation réticulée (Côté ipsilatéral et contralatéral).
Rôle : véhicule les informations nociceptives vers la formation réticulée du tronc cérébral.

Faisceau spino-cervico-thalamique :
Les cellules d'origine sont localisées dans les couches IV et V.
La voie ascendante est homolatérale.
S'observe chez le singe, mais pourrait être inconstante chez l'homme.

Voies ascendantes de la sensibilité inconsciente (sensibilité à la tension des muscles et des tendons musculaires) :

Faisceaux spinocérébelleux : sensibilité spinocérébelleuse



- Faisceau spinocérébelleux post (Direct / Fx de Fleschig) :
  - Origine : (Deutoneurones) noyau dorsale de Clarke.
  - Trajet : cordon dorso latéral ipsi latéral formant le faisceau spinocérébelleux direct, puis monte tout au long de la moelle et du tronc cérébral.
  - Terminaison : cervelet (Pédoncule cérébelleux inférieur / Cortex cérébelleux).
  - Il transporte la sensibilité proprioceptive inconsciente des membres inférieurs et du tronc.

- Faisceau spinocérébelleux ant (Croisé / Fx de Gowers) :
  - Origine : Partie latérale des couches V et VII (Noyau de Betcherew).
  - Trajet : cordon antérolatéral controlatéral formant le faisceau spinocérébelleux croisé, puis monte tout au long de la moelle et du tronc cérébral.
  - Terminaison : cervelet (Pédoncule cérébelleux superieur / Cortex cérébelleux).

- Il transporte la sensibilité proprioceptive inconsciente du membre supérieur. De ce fait, le faisceau n'est présent que dans le segment cervical de la moelle.

- Rôle : coordination de la posture et des mouvements des membres.

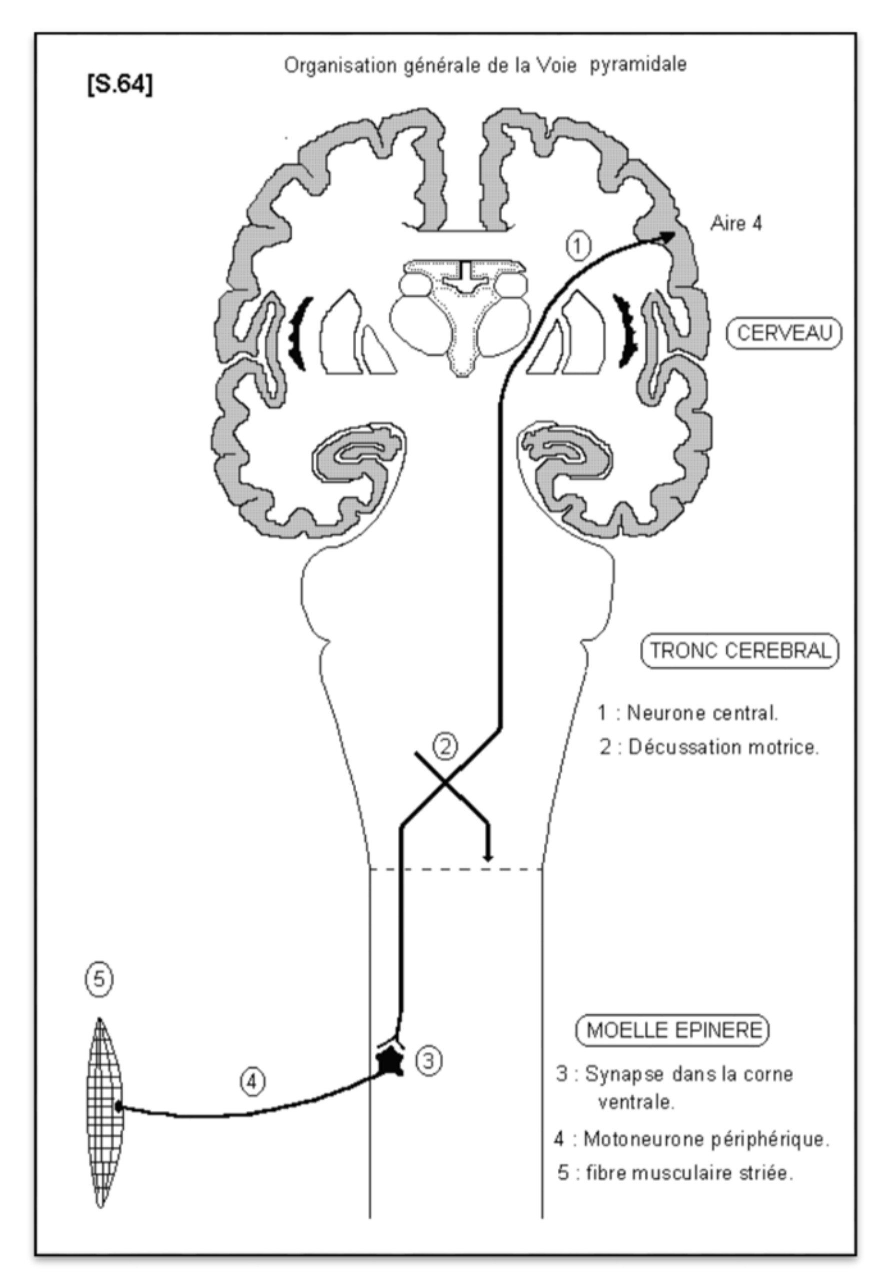
Faisceaux spino-olivaires : sont des voies spinocérébelleuses indirectes.

Faisceau spino-tectal : se terminer dans le colliculus supérieur.

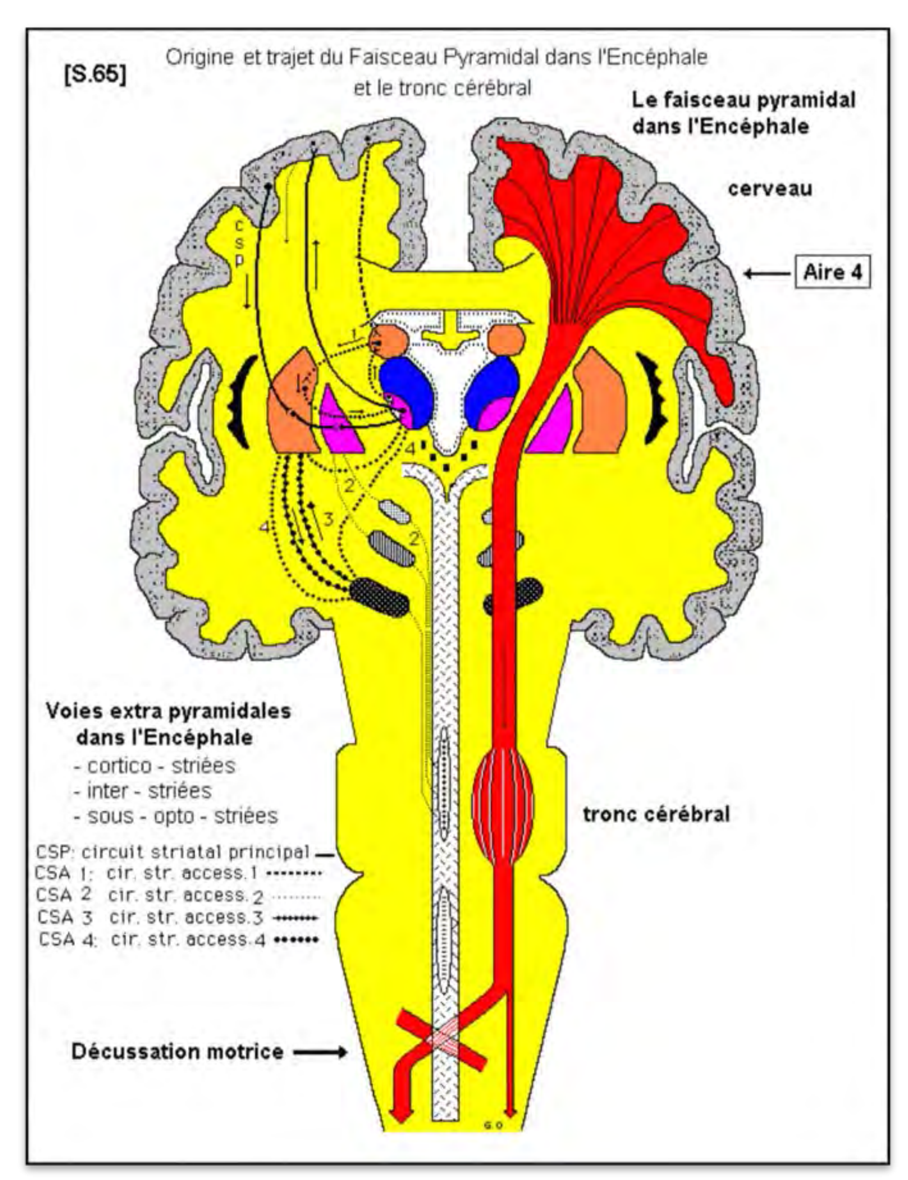
D'autres faisceaux se projettent sur le mésencéphale, le système limbique, et l'hypothalamus.

Voies descendantes :

Organisation générale des voies motrices :



Voies motrice pyramidale :

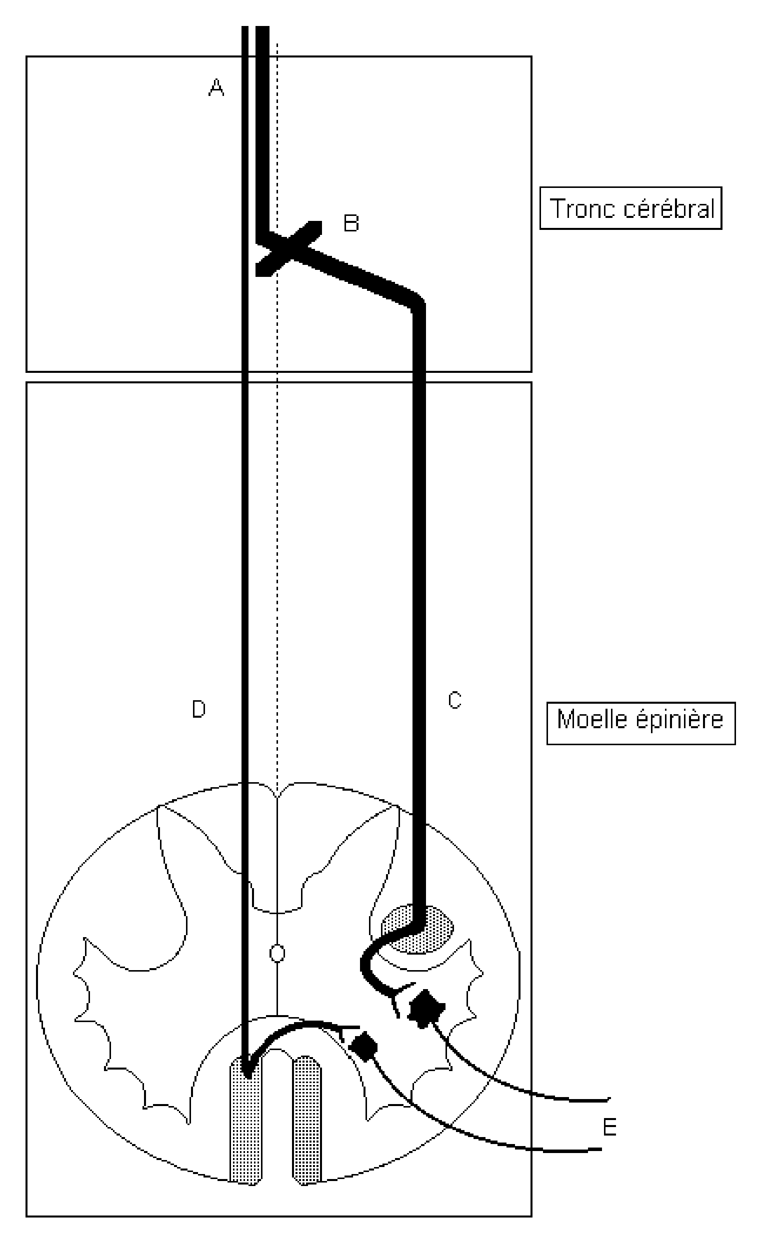


Voie directe cortico-spinale. Cette voie motrice principale est responsable de la motricité volontaire précise et sélective.

Elle descend du cortex cérébral formant le faisceau pyramidal qui traverse la capsule interne du cerveau et se dirige verticalement vers le tronc cérébral et la moelle épinière.

Dans la traversée verticale du tronc cérébral, au niveau de la moelle allongée, le faisceau pyramidal, pour sa plus grande partie (9/10 des fibres), croise la ligne médiane (Décussation pyramidale) et descend dans la moelle du côté opposé à l'hémisphère cérébral d'origine. Ainsi se trouve individualisé dans le **cordon latéral** de la moelle, le volumineux faisceau pyramidal croisé.

[S.66] Organisation de la voie motrice pyramidale dans la moelle épinière



A : Faisceau pyramidal. B : Décussation motrice.
C : Faisceau pyramidal croisé D : Faisceau pyramidal direct.
E : Motoneurones périphériques.

Un faible contingent de fibres motrices pyramidales (1/10) ne subit pas la décussation et descend dans la moelle du même côté que celui de son origine : c'est le faisceau pyramidal direct placé dans le cordon ventral, le long de la fissure médiane de la moelle.

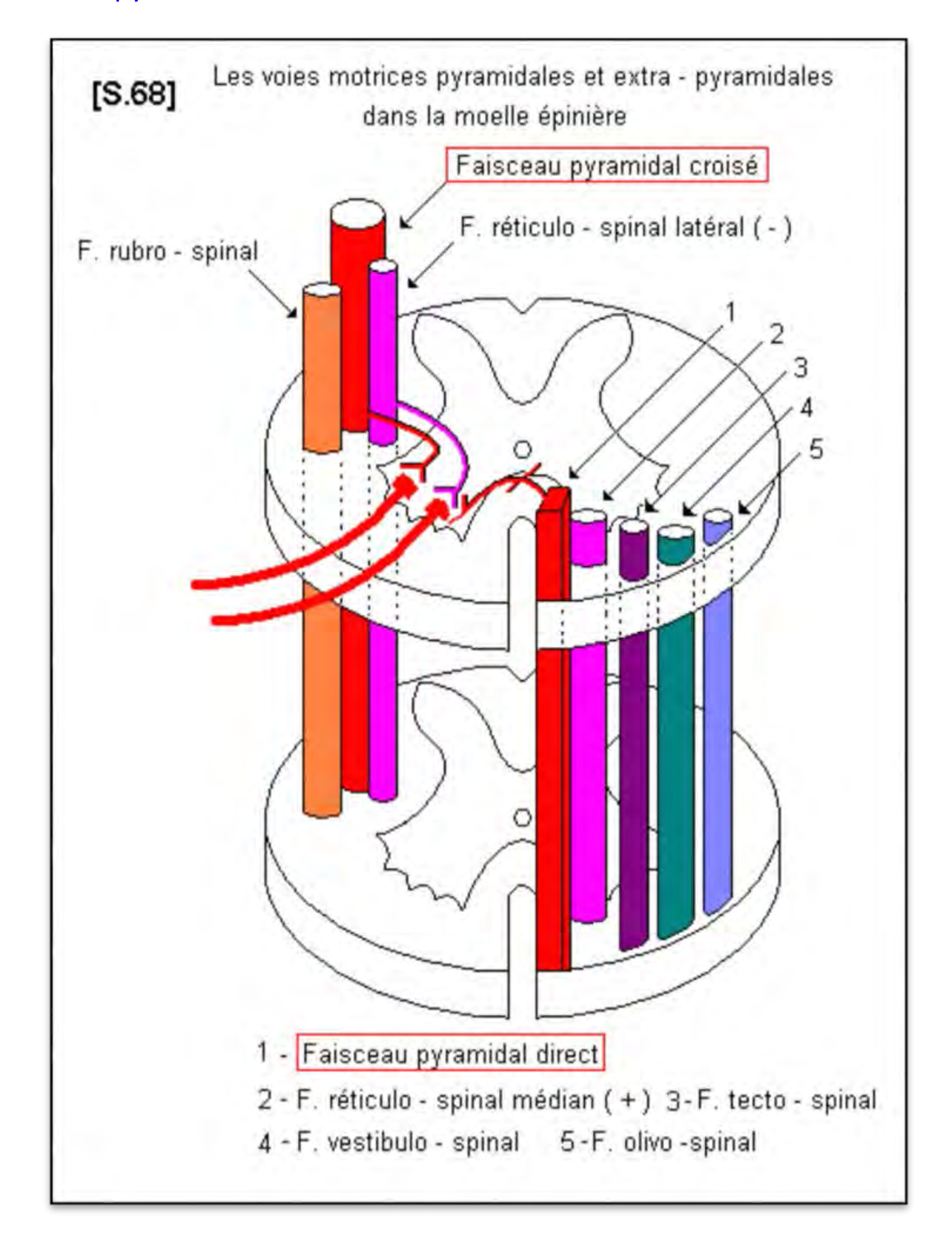
Les axones contenus dans le faisceau pyramidal croisé se terminent du même côté en s'articulant dans la corne ventrale de la moelle avec les motoneurones alpha au niveau de chaque neuromère.

Les axones contenus dans le faisceau pyramidal direct croisent la ligne médiane au niveau de chaque neuromère et s'articulent à leur tour avec les motoneurones de la corne ventrale de la moelle du côté opposé.

En définitive, la voie pyramidale est totalement croisée.

Le faisceau pyramidal croisé représente le faisceau cortico spinal lat.
Le faisceau pyramidal direct représente le faisceau cortico spinal médian.

Voies motrices extra pyramidales :



Faisceaux latéraux :

- Faisceau cortico-spinal lat :
  Proviennent du cortex du cerveau. Elles descendent dans la moelle, mêlées aux fibres du faisceau pyramidal (Faisceau pyramidal croisé).
  Rôle : mouvements segmentaires distaux des membres.

- Rubro-spinal : descend du noyau rouge du tronc cérébral (Portion magnocellulaire).
  Décusse dès sa naissance et se place dans la moelle en position latérale en avant du Fx cortico spinal (Cordon latéral).
  Rôle : tonus musculaire et réflexes segmentaires (Membres supérieurs).

Faisceaux médians :

- Faisceau cortico-spinal ventral :
  Proviennent du cortex du cerveau. Elles descendent dans la moelle, mêlées aux fibres du faisceau pyramidal (Faisceau pyramidal direct).
  Rôle : contrôle des muscles axiaux.

- Faisceau réticulo spinaux : comprend deux parties :

  - Le faisceau réticulo spinal médian (Pontine) : à fonction facilitante.
    Origine : formation réticulée du tronc cérébral pontique.
    Terminaison : cordon ventral.
  - Le faisceau réticulo spinal latéral (Bulbaire) : à fonction inhibitrice.
    Origine : formation réticulée du tronc cérébral bulbaire.
    Terminaison : cordon latéral.

  Mouvements volontaires.
  Réflexes segmentaires.
  Activité du MN ɣ.

- Faisceau vestibulo spinal :
  - Fx latéral (Direct) :
    Origine : noyau vestibulaire latéral de la moelle allongée.
    Trajet : partie latérale cordon ant.
    Rôle : contrôle postural cinétique.

  - Fx médian (Direct et croisé) :
    Origine : noyau vestibulaire médian de la moelle allongée.
    Trajet : fx longitudinal médian (cordon ant).
    Rôle : contrôle labyrinthique des mouvements de la tête.

- Faisceau tecto spinal :
  Nait du colliculus supérieur.
  Rôle dans le mouvement controlatéral de la tête en réponse à des stimuli visuels, auditifs ou somesthésique.
  Placé dans le cordon ventral.

- Faisceau olivo spinal :
  Provient de l'olive bulbaire.
  Placé dans le cordon ventral.

- Autres voies :
  - Les voies issues des noyaux coeruleus et subcoeruleus de la région pontique.
  - Les noyaux du raphé bulbaires.
  - Voies descendantes dopaminergiques ou adrénergiques.

Données anatomo cliniques :

Section totale de la moelle :

Au niveau des segments sous-jacents à la section on observe :

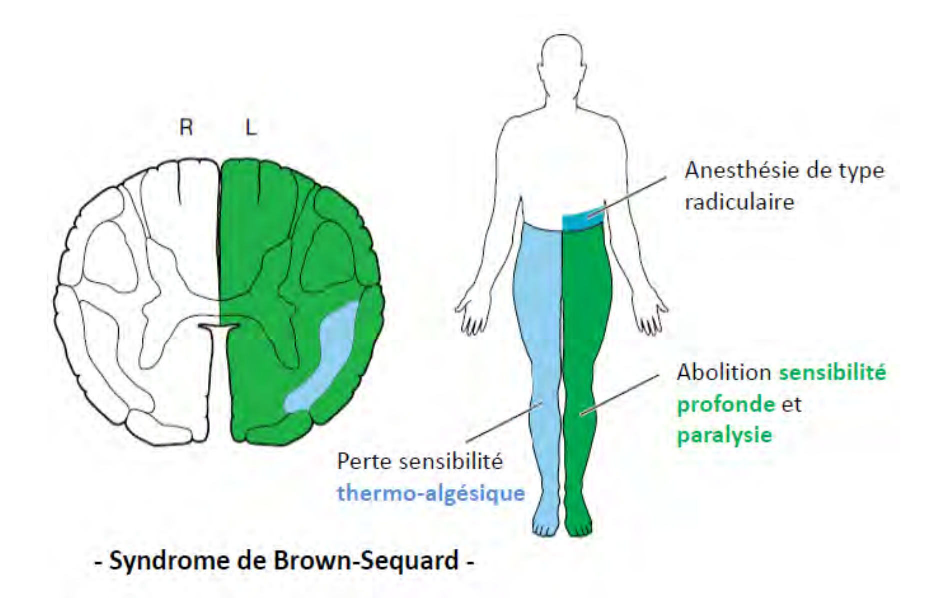
- Une perte de toutes les sensibilités (Toutes les voies sensitives ascendantes sont interrompues).
- Une perte de la motricité et paralysie complète (Toutes les voies motrices descendantes sont interrompues).

Hémisection de la moelle épinière : Syndrome de Brown Sequard :

Au niveau des segments sous-jacents on observe :

- Du côté de la lésion :
  - Perte de la sensibilité tactile discriminative et de la sensibilité proprioceptive (Sens de position des membres et sens de déplacement).
  - Paralysie due à la lésion du faisceau pyramidal croisé.

- Du côté opposé à la lésion :
  - Thermo-analgésie : perte de la sensibilité thermique et de la sensibilité douloureuse.



- Syndrome de Brown-Sequard -

Lésion centromédullaire : Syndrome de Syringomyélie ou syndrome commissural :

Déficit sensitif suspendu dissocié :

- Atteinte de la sensibilité thermique et de la sensibilité douloureuse localisée aux segments lésés.
- Respectant la sensibilité proprioceptive.

Lésion des cordons postérieurs : maladie de Tabes

Du côté de la lésion : perte de la sensibilité tactile discriminative et de la sensibilité proprioceptive (Sens de position des membres et de la kinesthésie).